

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
11 DE 2437602 C2

61 Int. Cl. 3:  
B23P 1/08

21 Aktenzeichen: P 24 37 602.1-34  
22 Anmeldetag: 5. 8. 74  
43 Offenlegungstag: 27. 2. 75  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 9. 84

DE 2437602 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

30 Unionspriorität: 32 33 31  
06.08.73 CH 11344-73

73 Patentinhaber:  
Ateliers des Charmilles, S.A., Genf/Genève, CH

74 Vertreter: *- AGIE*  
Sturies, H., Dipl.-Phys. Dr.-Ing.; Eichler, P., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anw., 5600 Wuppertal

72 Erfinder:  
Lehmann, Hans, Genf, CH; Girardin, Roger, Vernier,  
CH; Morf, William, Le Lignon, CH; Delpretti, Roger,  
Vernier, CH

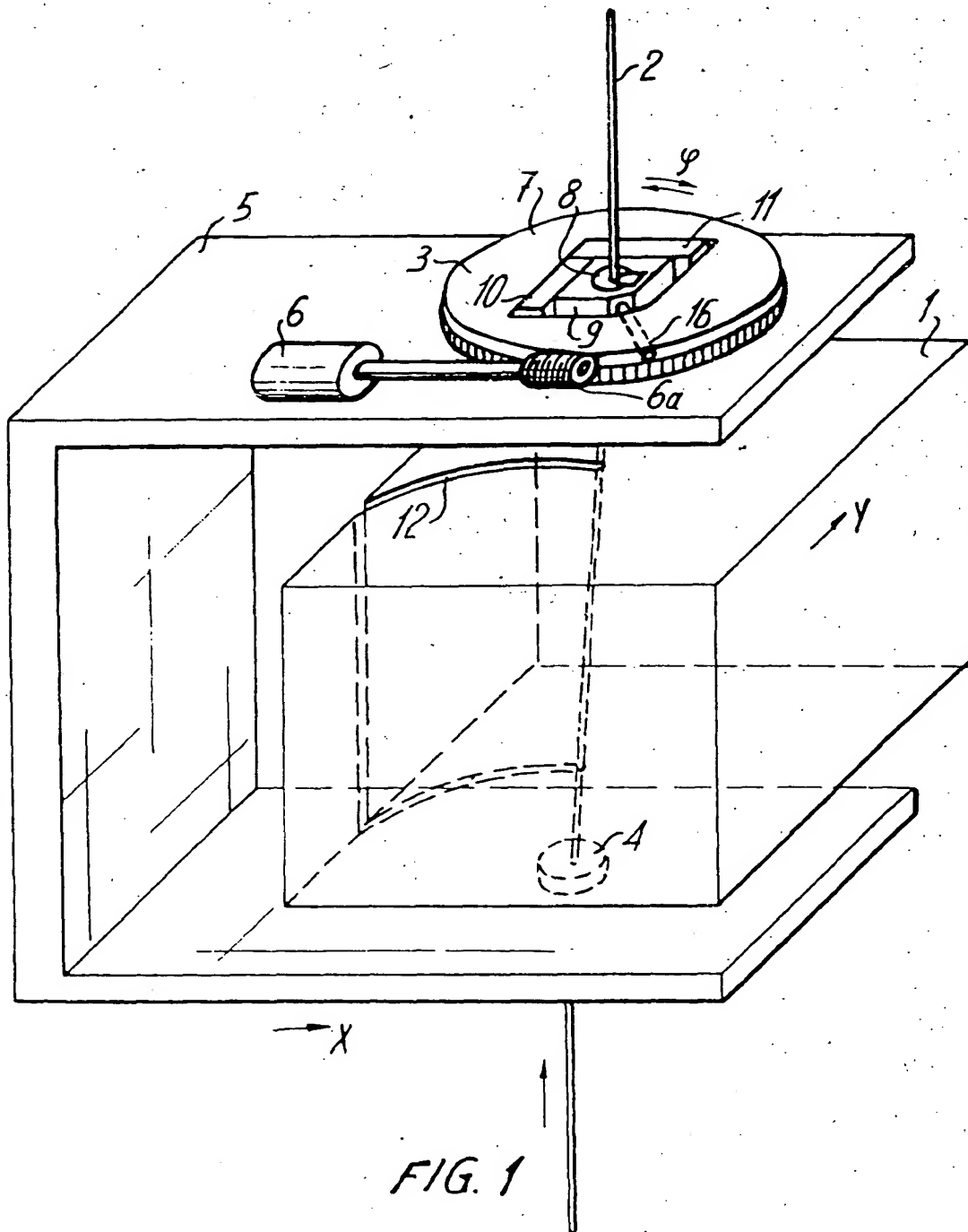
56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 22 55 429  
CH 5 13 694  
CH 5 13 693

54 Verfahren zum elektroerosiven Schneiden und Funkenerosionsmaschine

*keine Bohrung, 2 Halbkugeln, keine Schwenken  
Nur V-Form*

DE 2437602 C2



## Patentansprüche:

1. Verfahren zum elektroerosiven Schneiden mittels einer Drahtelektrode, die in der Bearbeitungszone zwischen zwei Führungsvorrichtungen angeordnet ist, von denen wenigstens eine zwei Führungsflächen für die Drahtelektrode aufweist und im Verlauf der Bearbeitung in einer der programmierten Bearbeitungsbahn folgenden Orientierung gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierung der orientierbaren Führungsvorrichtung (3) derart gesteuert wird, daß der von den Führungsflächen (C1, C2) gebildete Winkel mit seinem Scheitel entlang der Schnitttrichtung weist und seine Winkelhalbierende tangential zur Bearbeitungsbahn verläuft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die orientierbare Führungsvorrichtung mit einem Drehtisch versehen ist und die Drahtelektrode gegen die Horizontale geneigt hält, dadurch gekennzeichnet, daß die andere Führungsvorrichtung (4) an einem Knickpunkt der Bearbeitungsbahn (a) angehalten wird und daß die Winkelhalbierende des von den Führungsflächen (C1, C2) gebildeten Winkels mit an sich bekannter rechnergesteuerter Drehung des Drehtisches (7) tangential zu dem hinter dem Knickpunkt liegenden Abschnitt der Bearbeitungsbahn (a) ausgerichtet wird.

3. Funkenerosionsmaschine für das Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Führungsflächen eben sind, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Führungsflächen (C1, C2) gebildete Führungsnut der Neigung der Drahtelektrode (2) entsprechend geneigt ist.

4. Funkenerosionsmaschine für das Verfahren nach Anspruch 1, bei der die orientierbare Führungsvorrichtung mit einem Drehtisch ausgerüstet ist, dadurch gekennzeichnet, daß an der Führungsvorrichtung (3) zur Ausrichtung der Winkelhalbierenden des von den Führungsflächen (C1, C2) gebildeten Winkels ein Taster (24) vorhanden ist, der exzentrisch zur Drehachse des Drehtisches (7) angeordnet ist und nahe der Drahtelektrode (2) in den Arbeitsspalt (12) oder in eine Steuerscheibe eingreift.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum elektroerosiven Schneiden mittels einer Drahtelektrode, die in der Bearbeitungszone zwischen zwei Führungsvorrichtungen angeordnet ist, von denen wenigstens eine zwei Führungsflächen für die Drahtelektrode aufweist und im Verlauf der Bearbeitung in einer der programmierten Bearbeitungsbahn folgenden Orientierung gehalten wird.

Bei diesem Verfahren werden die Führungsvorrichtungen längs zweier Koordinatenachsen durch numerisch gesteuerte Elektromotoren verschoben, wobei die Positionierungsbefehle für die Elektromotoren aus Daten zur Definition der programmierten Bearbeitungsbahn berechnet werden.

Die Bearbeitungsgenauigkeit hängt zum großen Teil von der Ausbildung der Führungsvorrichtungen ab, welche die Drahtelektrode im Arbeitsspalt gerade halten sollen. Dabei werden Führungsfehler durch mechanische Vorgänge bedingt, insbesondere durch auf die

Drahtelektrode ausgeübte Zwangskräfte, wenn die Bearbeitungsbahn eine Richtungsänderung erzwingt, und wenn sich die Reibungskräfte zwischen der Drahtelektrode und ihren Führungsflächen ändern, wobei Komponenten dieser Kräfte eine Querverschiebung der Drahtelektrode am Ausgang ihrer Führungsvorrichtung hervorruft. Änderungen des Durchmessers der Drahtelektrode bei ihrem Vorschub, Unebenheiten der Drahtelektrode oder Abnutzungen der Drahtoberfläche bei der Bearbeitung können ebenfalls Ursache für Positionierungsfehler sein. Falls eine Führungsvorrichtung oder ein Teil davon zur Stromzuführung der Drahtelektrode dient, wird der Reibungskoeffizient durch das Metall beeinflußt und unterscheidet sich von dem Reibungskoeffizienten von aus Saphir hergestellten Führungsflächen, wodurch ebenfalls Positionierungsfehler entstehen.

Aus den Schweizer Patentschriften 5 13 693 und 5 13 694 sind Verfahren der eingangs beschriebenen Art bekannt, bei denen die Drahtelektrode in Führungsrillen umgelenkt wird, mit denen die Drahtelektrode zum Schneiden entsprechend einer programmierten Bearbeitungsbahn geführt wird. Dabei treten die oben beschriebenen Drahtführungsfehler getrennt oder kombiniert in einer durch die Geometrie der Führungsvorrichtung bestimmten Richtung auf, wobei deren Führungsflächen irgendeine, bezüglich der Richtung der Bearbeitungsbahn undefinierte Position einnehmen.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Genauigkeit der Bearbeitung dadurch zu vergrößern, daß eine Führungsvorrichtung der Drahtelektrode der Bearbeitungsbahn in geeigneter Weise ausgerichtet wird.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Orientierung der orientierbaren Führungsvorrichtung derart gesteuert wird, daß der von den Führungsflächen gebildete Winkel mit seinem Scheitel entgegen der Schnitttrichtung weist und seine Winkelhalbierende tangential zur Bearbeitungsbahn verläuft.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß die Berührung der Drahtelektrode mit den Führungsflächen außerhalb des der Funkenbildung unterworfenen Bereichs der Oberfläche der Drahtelektrode erfolgt. Infolgedessen wirken sich bei der Bearbeitung ergebende Durchmesseränderungen der Drahtelektrode nicht auf deren Positionierung aus. Sonstige Durchmesseränderungen der Drahtelektrode in deren Berührungsbereich mit den Führungsflächen wirken sich wesentlich stärker in Richtung der Winkelhalbierenden aus, als senkrecht dazu. Das Verhältnis dieser Fehler ist beispielsweise gleich drei, wenn der von den Führungsflächen eingeschlossene Winkel 60° beträgt. Die wichtigsten Positionierungsfehler der Drahtelektrode werden durch das erfindungsgemäße Verfahren daher vermieden.

Eine weitere Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens und Funkenerosionsmaschinen für diese Verfahren werden in den Unteransprüchen 2 bis 4 beschrieben.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht der Führung einer Drahtelektrode mit Führungsvorrichtungen, von denen eine mit einem Drehtisch versehen ist.

Fig. 2 eine Aufsicht auf eine Führungsvorrichtung, die zur Bearbeitungsbahn ausgerichtet werden kann.

Fig. 3 das Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der Winkellage einer Führungsvorrichtung.

Fig. 4 Bearbeitungsbahnen der Führungsvorrichtungen der Fig. 1 bei geneigter Drahtelektrode mit Veranschaulichung einer Stellung einer Führungsvorrichtung in einem Knickpunkt der Bahn.

Fig. 5 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Führungsvorrichtung und

Fig. 6 eine besonders einfache Führungsvorrichtung mit einem Taster.

In Fig. 1 wird ein Werkstück 1 mit einer Drahtelektrode 2 bearbeitet. Beide werden in üblicher Weise elektrisch angeschlossen und der Arbeitsspalt wird in üblicher Weise mit Arbeitsflüssigkeit versorgt.

Die Drahtelektrode 2 wird zwischen Führungsvorrichtungen 3, 4 gehalten, die von einer bügelförmigen Stütze 5 getragen werden. Nicht dargestellte Vorrichtungen ermöglichen Relativverschiebungen zwischen der Drahtelektrode 2 und dem Werkstück 1, um die bei der Bearbeitung zu erzeugende Form des Werkstücks 1 zu erhalten. Die relativen Verschiebungen werden am häufigsten durch eine numerische Steuerungsanlage bewirkt, die der gewünschten Bearbeitungsbahn entsprechend programmiert ist. Diese Bearbeitungsbahn wird erreicht, indem entweder das Werkstück 1 oder die Drahtelektrode 2 längs zweier Koordinatenachsen verschoben wird, während die andere Elektrode ortsfest bleibt, oder indem beide Elektroden jeweils längs einer der Koordinatenachsen verschoben werden.

Die Drahtführungsvorrichtung 3 weist einen Drehtisch 7 auf, dessen Umfang verzahnt ist und dessen Winkelposition von einem Motor 6 eingestellt wird, der eine Schnecke 6a antreibt. Der Drehtisch 7 hat ein Führungsteil 8 für die Drahtelektrode 2, das eine Führungsnut in V-Form aufweist, deren zwei Wandungen Führungsflächen für die Drahtelektrode 2 bilden. Dieses Führungsteil 8 ist in einem Tragelement 9 gelagert, dessen Position zum Drehtisch 7 durch Keile 10, 11 eingestellt wird. Die Keile 10, 11 geben der Drahtelektrode 2 eine durch ihre Dicke bestimmte Neigung zum Werkstück 1 bzw. zur Horizontalen.

Aus Fig. 2 ist ersichtlich, daß die Drahtelektrode 2 gegen die Führungsflächen C1, C2 der V-förmigen Nut durch ein der Kraft einer Feder 13 unterworfenen Druckelement 14 gehalten wird.

Die Position des Tragelements 9 auf dem Drehtisch 7 wird durch eine Schraube 16 gewährleistet, die es mit einem gewindefreien Ende 15 gegen die Keile 10, 11 preßt.

Während der Bearbeitung wird die Drahtelektrode 2 in ihrer Längsrichtung durch nicht dargestellte, jedoch an sich bekannte Vorrichtungen verschoben, wobei sich zwei Reibungsstellen am Führungsteil 8 und eine weitere Reibungsstelle am Druckelement 14 ergeben. Da diese Teile im allgemeinen nicht aus dem gleichen Material bestehen, ergeben sich unterschiedliche Reibungskräfte, die die Drahtelektrode 2 leicht verformen können. Jedoch erfolgt diese verhältnismäßig leichte Verformung auf die Genauigkeit der bearbeiteten Oberflächen, wenn man die Vorsichtsmaßnahme trifft, das Führungsteil 8 im Laufe der Bearbeitung so einzustellen und zu orientieren, daß sich die Führungsflächen C1, C2 des Führungsteils 8 außerhalb des der Funkenbildung unterworfenen Teils der Oberfläche der Drahtelektrode befinden.

Die Relativverschiebung zwischen der Drahtelektrode 2 und dem Werkstück 1 erfolgt in Pfeilrichtung S auf der Bearbeitungsbahn b. Wenn man die Winkelhalbierende des von den Führungsflächen C1, C2 gebildeten Winkels der V-förmigen Führungsnut tangential zur Be-

arbeitungsbahn b hält, erreicht man, daß die Drahtelektrode 2 immer mit nicht durch Funkenbildung abgenutzten Stellen an den Führungsflächen C1, C2 anliegt. Infolgedessen kann die Abnutzung der Drahtelektrode 2 während der Bearbeitung auch keinen ungünstigen Einfluß auf die Genauigkeit der Führung der Drahtelektrode 2 haben, die von der Führungsvorrichtung 4 zur Führungsvorrichtung 3 verschoben wird.

Die Steuerung des Drehtisches 7 wird anhand des in der Fig. 3 dargestellten Blockschaltbildes veranschaulicht. Bei einer Maschine mit numerischer Steuerung des schrittweisen relativen Vorschubes der Drahtelektrode 2 werden gespeicherte Informationen, welche die gewünschte Bearbeitungsbahn definieren, von der Leitung 17 an einen Verteiler 18 geliefert. Dieser Verteiler 18 steuert drei Rechner 19, 20, 21, von denen der Rechner 19 Linearkorrekturen, der Rechner 20 Kreisbahnkorrekturen bewirkt und der Rechner 21 der Steuerung des Drehtisches 7 dient. Von den Rechnern 19, 20 werden Steuerimpulse an Schrittmotoren 22, 23 geliefert. Der Motor 6 wird von den Rechnern 20, 21 gesteuert. Die drei Rechner 19 bis 21 werden von Taktimpulsen gesteuert, die von einem Generator 26 über eine Leitung 25 geliefert werden. Die Frequenz dieser Taktimpulse kann über eine Leitung 27 von Hand eingestellt werden, oder sie kann mit einem Signal geregelt werden, das in Abhängigkeit von zwischen den Elektroden 1, 2 herrschenden Funkenerosionsbedingungen mit einem Gleichrichter 29 ermittelt wird. An die Klemmen 30, 31 der Elektroden 1, 2 werden geregelte Spannungs- oder Stromimpulse eines nicht dargestellten Generators gelegt.

Fig. 4 veranschaulicht, wie die Winkeleinstellung einer Führungseinrichtung für den Fall erfolgt, daß die Drahtelektrode 2 gegen die horizontale Bezugsebene der linearen Verschiebungen geneigt ist. Das untere Führungsteil 8 folgt der programmierten Bahn a des Mittelpunktes A der Drahtelektrode 2, wobei ihre Dicke und der Arbeitsspalt berücksichtigt werden. Die Drahtneigung ist in Fig. 4 durch den Versatz  $A_1, B_1$  der Achse der Drahtelektrode 2 zwischen ihren beiden Führungsflächen veranschaulicht.

Im ersten Teil der Bahn a, der gekrümmt ist, erfährt das durch seine Führungsflächen veranschaulichte Führungsteil 8 eine entsprechende fortschreitende Drehung, so daß die durch  $A_1, B_1$  der Drahtelektrode 2 und die Drehachse des Führungsteils 8 verlaufende Ebene  $P_1$  senkrecht zu der Bahn a des unteren Führungsteils und zu der Bahn b des oberen Führungsteils 8 liegt. Infolgedessen genügt es zu Beginn der Bearbeitung, die Führungsflächen des Führungsteils 8 bezüglich dieser Ebene  $P_1$  in eine genaue Position zu bringen, um während der Bearbeitung eine geeignete Orientierung der Führungsvorrichtung zu gewährleisten. An dem Punkt  $A_2$  ändert die Bahn a plötzlich ihre Richtung. In diesem Falle werden die translatorischen Vorwärtsbewegungen unterbrochen, bis sich das obere Führungsteil 8 um einen Winkel  $\varphi/2$  dreht, wonach die Ebene  $P_2$  senkrecht zu der durch  $A_2, A_1$  und  $B_2', B_1$  bestimmten Bearbeitungsrichtung ausgerichtet ist. Die Bearbeitungsbahn ist in ihrem in Fig. 4 dargestellten zweiten Teil linear, so daß die Winkelposition des Führungsteils 8 für die Drahtelektrode 2 im Verlauf der Bearbeitung nach dem Knickpunkt nicht geändert werden muß.

Für eine bestmögliche Bearbeitungsgenauigkeit ist es vorteilhaft, wenn die Drahtelektrode 2 zwischen den Führungsvorrichtungen 3, 4 so gerade wie möglich ist. Dazu zeigt Fig. 5, daß das Führungsteil 8 zum Dreh-

tisch 7 geneigt werden kann, damit die Drahtelektrode 2 beim Verlassen des Führungsteils 8 keine Richtungsänderung erfährt. Die Neigung des Führungsteils 8 wird durch ein Loch des Tragelementes 9 erreicht, dessen Achse gegen die Horizontalebene des Drehtisches 7 geneigt ist.

§ zu Figur 5

Gemäß Fig. 6 wird die Orientierung der Führungsflächen der Führungsvorrichtung der Drahtelektrode 2 durch sehr einfache mechanische Mittel erreicht. Das Führungsteil 8, das sich mit dem Tragelement 9 und dem Drehtisch 7 drehen kann, trägt einen Taster 24, der beispielsweise aus Isolierstoff besteht oder gegen die Drahtelektrode 2 elektrisch isoliert ist. Der Taster 24 ist nahe der Drahtelektrode 2 angeordnet und greift in den Arbeitsspalt 12 ein, wozu er die Breite des Arbeitsspalt 12 hat. Bei seinem Eingriff stützt er sich an den Wänden des Arbeitsspalt 12 ab und hält das Führungsteil 8 automatisch in einer Winkelposition, in der die Winkelhalbierende der von den Führungsflächen gebildeten V-förmigen Nut Tangente an die Bearbeitungsbahn ist. Diese Vorrichtung ist dann sehr vorteilhaft, wenn eine Funkenerosionsmaschine zum elektroerosiven Schneiden nicht mit einer elektronischen Bahnsteuerung versehen ist. In einfachen Fällen genügt die Steuerung der Bearbeitungsbahn mit einer Steuerscheibe, deren Steuerkurve die relativen Verschiebungen zwischen der Drahtelektrode 2 und dem zu bearbeitenden Werkstück steuert.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

30

35

40

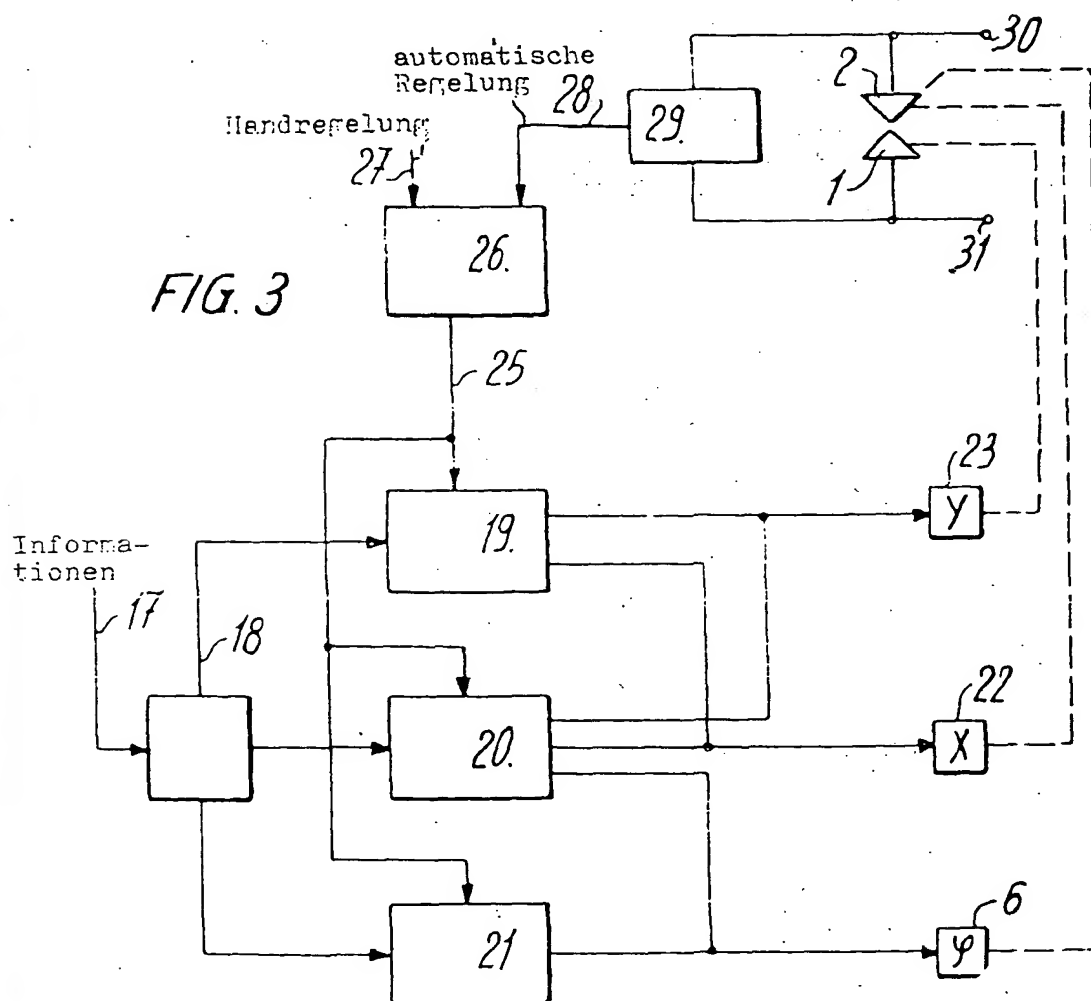
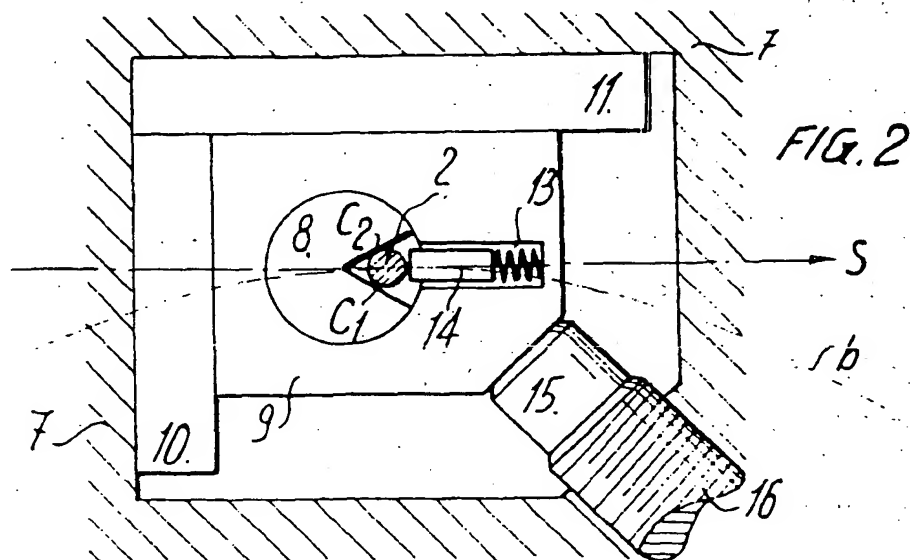
45

50

55

60

65



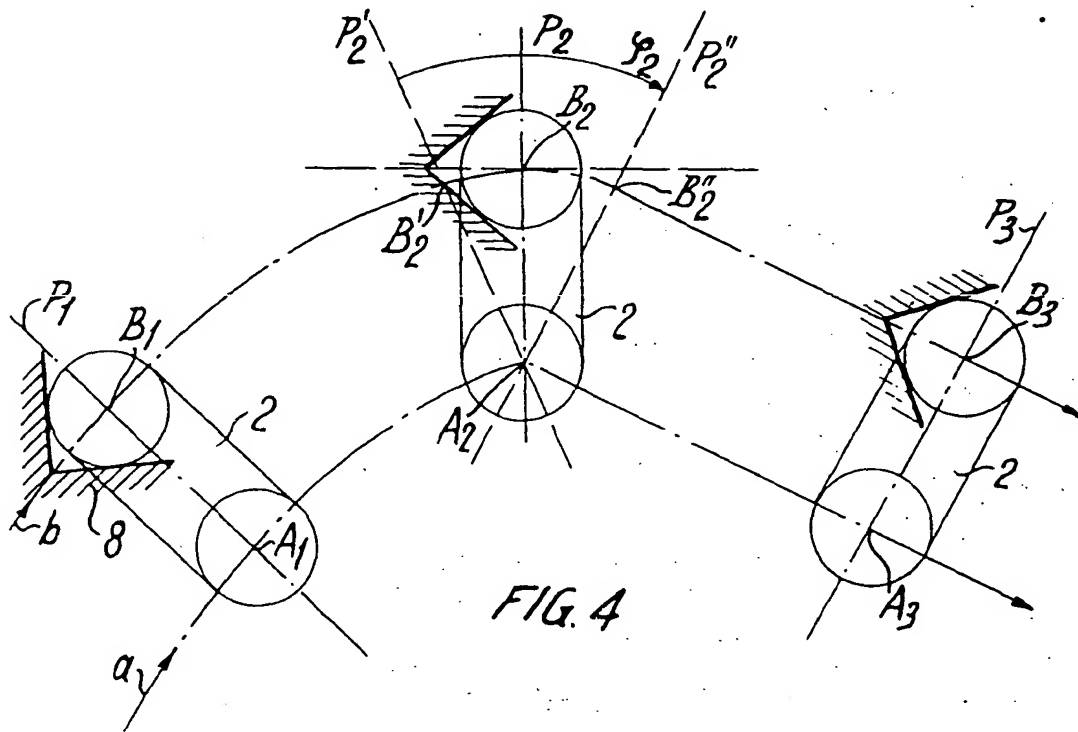


FIG. 4

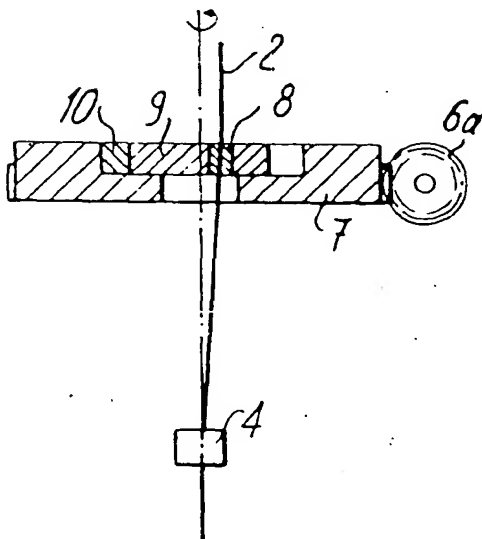


FIG. 5

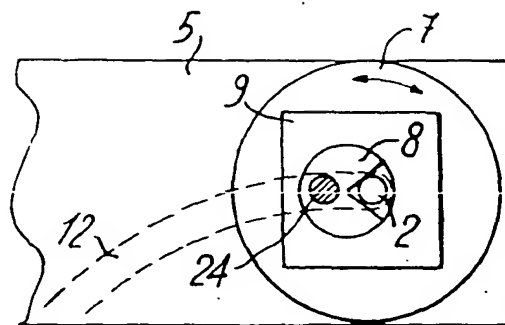


FIG. 6

